

ศึกษาผลกระทบการเกิดก๊าซชีวภาพจากน้ำชะขยะ กรณีศึกษาบ่อขยะไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

นรวิชัย นวลสุวรรณ¹ และ วันสพรธรรม์ สวัสดิ์^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพจากน้ำชะขยะในระบบบ่อปรับเสถียร พื้นที่บ่อขยะไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อปรับเสถียรในพื้นที่ ทั้งหมด 4 จุด คือ บ่อปรับเสถียรที่ 1 บ่อปรับเสถียรที่ 2 บ่อปรับเสถียรที่ 3 และบ่อปรับเสถียรที่ 4 จากผลการศึกษาพบว่า บ่อปรับเสถียรสามารถบำบัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดีในน้ำชะขยะได้ โดยปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี ที่สามารถลดได้จากระบบ เริ่มต้น 3,700 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร หลังบำบัด 825 มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร หรือมีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี 77 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากน้ำชะขยะนั้นมีโครงสร้างที่ซับซ้อน และไม่ได้ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น ทำให้จุลินทรีย์ในระบบย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดไม่สูงนัก ในด้านศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากบ่อปรับเสถียรบ่อที่ 1 ถึง บ่อที่ 4 สามารถวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนได้ 0.30, 0.25, 0.19 และ 0.14 ลิตรของมีเทนต่อมิลลิกรัมซีโอดีกำจัด ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าบ่อปรับเสถียรสามารถกำจัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี ในโตรเจน แอมโมเนีย และมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนได้ นอกจากนี้ระบบบ่อปรับเสถียรยังมีต้นทุนการก่อสร้างและเดินระบบที่ต่ำ

คำสำคัญ: ระบบบ่อปรับเสถียร, ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน, น้ำชะขยะ, ระบบบำบัดทางธรรมชาติ

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: vanatpormratt@vru.ac.th รับเมื่อ 7 มิถุนายน 2561 ตอบรับเมื่อ 16 สิงหาคม 2561

Biochemical Methane Potential from Leachate, Case study Sainoi, Nonthaburi Province

Naratchporn Nuansawan¹ and Vanatpornratt Sawasdee^{2*}

Abstract

This research studied the biochemical methane potential from leachate in stabilization pond, open dumping area, Sainoi Nonthaburi Province. Leachate samples were collected from 4 stabilization ponds. The finding found that organic substance (COD) from leachate can be treated with stabilization ponds. The milligrams of COD removal were decrease from 3,700 mg COD L⁻¹ to 825 mg COD L⁻¹, that COD removal efficiency 77%. Leachate is complex structure and non pre-treatment, so it was not easily to degradable with microorganisms. Therefore, organic substance (COD) treatment quite low efficiency. In term of biochemical methane potential from stabilization ponds were obtained 0.30, 0.25, 0.19 and 0.14 L CH₄ g⁻¹ COD removed, respectively. Thus, stabilization ponds can be simultaneous removal organic substance (COD), nitrogen compound in leachate and methane production with low cost of construction and operation.

Keywords: Stabilization ponds, Biochemical Methane Potential, Leachate, Natural treatment system

¹ Department of Civil and Environmental Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut University of Technology North Bangkok.

² Program of Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage.

* Corresponding author, E-mail: vanatpornratt@vru.ac.th Received 7 June 2018, Accepted 16 August 2018

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประชากรภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงการขยายตัวของสังคมเมืองสู่สังคมชนบทอย่างต่อเนื่อง ทำให้ขยะมูลฝอย รวมถึงปัญหาการเทกองขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านขยะมูลฝอยอย่างรุนแรง กรมควบคุมมลพิษได้รายงานถึง สถานการณ์ขยะมูลฝอย ปี 2559 พบว่ามีปริมาณ มูลฝอยเกิดขึ้น 27.06 ล้านตันต่อปี และอัตราการเกิดขยะต่อคน 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งเป็นอัตราที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี [1] ทำให้การแก้ปัญหาเรื่องขยะ กลายเป็นวาระแห่งชาติ [2] จึงถือได้ว่าเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน การเทกองขยะมูลฝอย ไม่เพียงแต่ส่งกลิ่นเหม็นแก่ชุมชนโดยรอบ แต่ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจาก น้ำชะขยะ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเช่นกัน [3] จังหวัดนนทบุรี ถือเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เชื่อมต่อกับกรุงเทพมหานคร ส่งผลให้สังคมเมืองขยายตัวเป็นอย่างมาก รวมถึงความเจริญและประชากรที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น ได้เคลื่อนย้ายเข้ามาอยู่อาศัยในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น และมีปัญหาของน้ำชะขยะเพิ่มมากขึ้น สถานที่กำจัดขยะของจังหวัดนนทบุรี ตั้งอยู่อำเภอไทรน้อย ซึ่งมีพื้นที่ 108,800 ตารางเมตร [4] มูลฝอยภายในจังหวัดนนทบุรี จากชุมชนที่พักอาศัย แหล่งพาณิชย์ ศูนย์การค้า ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และขยะติดเชื้อถูกรวบรวมและขนถ่ายมายังสถานที่กำจัดขยะแห่งนี้ การเทกองขยะแบบเปิดโล่ง (Open dumping) [4] จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ และแพร่กระจายของเชื้อโรค นอกจากนี้ ยังพบปัญหาการรั่วไหลของน้ำชะขยะ ที่สามารถปนเปื้อนได้ทั้งน้ำ

ผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำตามมา เมื่อแหล่งน้ำผิวดินหรือแหล่งน้ำใต้ดินถูกปนเปื้อนด้วยน้ำชะขยะ จะทำให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง สิ่งมีชีวิตไม่สามารถอยู่อาศัยได้ และแหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย ดังนั้น น้ำชะขยะจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม วิธีการบำบัดน้ำชะขยะมีหลายวิธี ได้แก่ การบำบัดทางกายภาพ การบำบัดทางเคมี การบำบัดทางชีวภาพ และการบำบัดทางธรรมชาติ เป็นต้น [5] ไม่ว่าจะเป็นการบำบัดทางกายภาพ ทางเคมี หรือทางชีวภาพ ล้วนแต่ต้องใช้ต้นทุนในการบำบัด ตั้งแต่การก่อสร้างระบบ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ดังนั้น การที่จะลดต้นทุนในการเดินระบบ จึงต้องใช้การบำบัดทางธรรมชาติ โดยระบบบำบัดทางธรรมชาติที่น่าสนใจคือ ระบบบ่อปรับเสถียร [6]

บ่อปรับเสถียร มีลักษณะเป็นบ่อดิน คอนกรีต หรือพลาสติก ซึ่งมีข้อดีคือ ไม่ต้องใช้เครื่องจักรในการเดินระบบ และค่าดำเนินการต่ำ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ทำให้การดูแลรักษาง่าย อีกทั้งยังทนทานต่อการเพิ่มกระแทกหั่น (Shock load) ของอัตราสารอินทรีย์ สามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogens) ได้มากกว่าการบำบัดด้วยวิธีอื่น โดยไม่จำเป็นต้องมีระบบฆ่าเชื้อโรค บ่อปรับเสถียร สามารถแบ่งลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ ดังนี้ บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic pond) บ่อแฟคัลทีฟ (Facultative pond) และ บ่อแอโรบิก (Aerobic pond) [5]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ การใช้ระบบบำบัดทางธรรมชาติ คือ บ่อปรับเสถียร ที่มีต้นทุนการก่อสร้างและเดินระบบต่ำ เพื่อวัตถุประสงค์ลดความสกปรกใน

น้ำชะขยะบริเวณสถานที่กำจัดขยะ และการประเมินค่า ศักยภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะภายใต้ สภาวะไร้อากาศเพื่อการผลิตก๊าซมีเทน นำไปสู่ออกาสใน การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำชะขยะจากพื้นที่เทกอง (Open dumping) โดยใช้ระบบบ่อปรับเสถียร ก่อนที่น้ำชะขยะ จะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ถือเป็นแนวทางการลด ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะมูลฝอยได้เป็น อย่างดี

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำชะขยะ

สถานที่กำจัดขยะของจังหวัดนนทบุรี ตั้งอยู่อำเภอ ไทรน้อย ซึ่งมีพื้นที่สำหรับทิ้งขยะ 108,800 ตารางเมตร และมีบ่อปรับเสถียร เพื่อการรองรับน้ำชะขยะที่เกิดจาก ขยะที่เทกองในพื้นที่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถานที่กำจัดขยะและบ่อปรับเสถียร รองรับ น้ำชะขยะ

จากรูปในบ่อที่ 1 จะเป็นบ่อที่รองรับน้ำชะขยะ โดยตรง มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์มากที่สุด และ บ่อที่ 2 ถึง 4 จะเป็นบ่อที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ลดลงตามลำดับ ในบ่อที่ 4 จะมีความเข้มข้นของ

สารอินทรีย์น้อยที่สุด เนื่องจาก เป็นบ่อสุดท้าย ที่รองรับ น้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียร ทั้ง 3 บ่อ น้ำที่เข้า มาในบ่อที่จะเป็นน้ำที่พักเพื่อเตรียมการปล่อยออกสู่ สิ่งแวดล้อมต่อไป

2.2 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ดังนี้

- 1) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
- 2) กระจบอกเก็บตัวอย่างน้ำ
- 3) ถุงมือ ยาง ฟลอยด์

โดยการเก็บตัวอย่าง กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยเก็บตัวอย่างส่วนบนของบ่อ วิธีเก็บตัวอย่างใช้แบบ จ้าง

2.3 การวิเคราะห์ Biochemical Methane Potential (BMP)

วิธีการในการวิเคราะห์ BMP ใช้วิธีการของ Kelly (2002) และ Vaidya (2002) [7-8] โดยเตรียมตัวอย่าง สลัดจ์ที่นำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ ได้ สลัดจ์ 3.0 กรัม ในขวดเซรัมไฮ ที่มีขนาด 118 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำเสียที่มาจากบ่อปรับเสถียร ทั้ง 4 บ่อ ใส่ในขวดเซรัม ขวดละ 70 มิลลิลิตร ทั้งหมด 3 ขวด ต่อ 1 บ่อ ดังนั้นขวดตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ทั้งหมด คือ 12 ขวด ดังรูปที่ 2 โดยเรียงลำดับขวดจาก ซ้ายไปขวา ดังนี้ ขวดตัวอย่างควบคุม ขวดตัวอย่างจาก บ่อ 1 ขวดตัวอย่างจากบ่อ 2 ขวดตัวอย่างจากบ่อ 3 และ ขวดตัวอย่างจากบ่อ 4 ตามลำดับ หลังจากการผสม ตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ทำการปิดฝาด้วย Aluminum cap ให้สนิท และทำการดูอากาศที่มีในขวดออกเพื่อให้เป็น สภาวะสูญญากาศ แล้วนำไปใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนกระทั่งการผลิตเข้าสู่สภาวะคงที่

ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง จะใช้หลอดเก็บตัวอย่างก๊าซ ขนาด 9 มิลลิลิตร



รูปที่ 2 ขวดวิเคราะห์ตัวอย่าง

จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Chromatography) ซึ่งเป็นเครื่องวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ก๊าซตัวอย่างคือ Column Unibeads C 60/80 โดยใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา (carrier gas) และมีตัวตรวจวัดแบบ thermal conductivity detector (TCD) ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซประกอบด้วย อุณหภูมิของ injector และ detector เท่ากับ 120 และ 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส โดยฉีดเทียบกับก๊าซผสมมาตรฐาน (SCOTTY ANALYZED, LOT NUMBER 919401L) [9-10] ความถี่ในการวัดคือ ทุกวัน โดยทุก ๆ ครั้งภายหลังจากเก็บก๊าซในแต่ละวันให้สภาวะในขวดเป็นสูญญากาศเสมอ โดยศึกษาภาพของก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาคือลิตรของมีเทนต่อกรัมซีโอดีกัก

2.4 การวิเคราะห์น้ำชะขยะ

2.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำชะขยะส่วนที่เป็นของเหลว โดยใช้เครื่องวัดค่า pH (Mettler Toledo รุ่น LE 409 pH,

Ohio, USA) ตามวิธีมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [11]

2.4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand)

วิเคราะห์จากตัวอย่างส่วนที่เป็นของเหลว โดยวิธีรีฟลักซ์ปิดแบบเทียบส์ โดยใช้ตัวอย่าง น้ำเสีย 2.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต (เข้มข้น 0.1 N) 1.5 มิลลิลิตร เป็นตัวออกซิไดซิงเอเจนต์ และสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 3.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ตามวิธีมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [11]

2.4.3 ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total kjeldahl nitrogen; TKN) และแอมโมเนีย (NH_3)

ค่าไนโตรเจนทั้งหมดและแอมโมเนียในน้ำตัวอย่าง มีหลักการวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl Method คือ amino nitrogen ของสารประกอบอินทรีย์และแอมโมเนียอิสระ จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียม โดยใช้โปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) และ คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะที่เป็นกรด เดิมสารละลายที่เป็นเบสและนำไปกลั่นเพื่อให้แอมโมเนียกลั่นตัว โดยมี สารละลายกรดบอริก หรือ สารละลายกรดซัลฟูริก เป็นตัวดูดซับ หลังจากนั้นนำไปไตเตรทด้วยสารละลายกรดมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.02 N H_2SO_4 เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ค่าที่ได้อยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

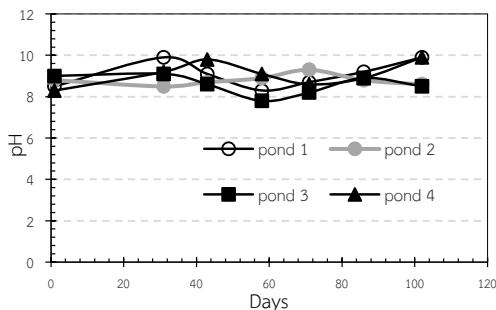
ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [11]

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ศึกษาอิทธิพลของน้ำชะขยะต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อปรับเสถียร

3.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

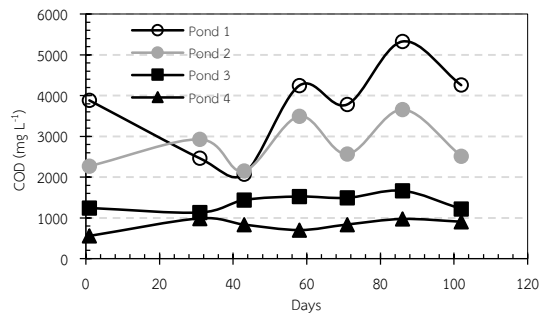
จากการเก็บตัวอย่างน้ำชะขยะจากบ่อปรับเสถียรจำนวน 4 บ่อ นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ผลการศึกษาดังกราฟใน รูปที่ 3 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างจะอยู่ในช่วง 7 ถึง 10 ซึ่งมีความเป็นด่างสูง ตั้งแต่วันแรก เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ และตรวจติดตามเป็นระยะ กระทั่งวันสุดท้ายที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง (วันที่ 102) ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง อาจเกิดจากในบ่อปรับเสถียร ทุกบ่อ มีปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยสะสมภายในบ่อน้อย ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าสูง [12] ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในบ่อปรับเสถียรสามารถอยู่ในระบบและมีกิจกรรมที่นำไปสู่การบำบัดสารอินทรีย์ และผลิตก๊าซมีเทนต่อไป



รูปที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่างในบ่อปรับเสถียร ทั้งหมด 4 บ่อ

3.1.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand)

ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี ในบ่อปรับเสถียร แต่ละบ่อนั้นมีความแตกต่างกันไป โดยบ่อที่ 1 ซึ่งเป็นบ่อที่รับน้ำชะขยะโดยตรง จะมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี มากที่สุด เฉลี่ย 3,719 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อที่ 2 ถึง 4 มีปริมาณเฉลี่ย 2,800 1,400 825 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี (COD: Chemical Oxygen Demand) ในบ่อปรับเสถียร

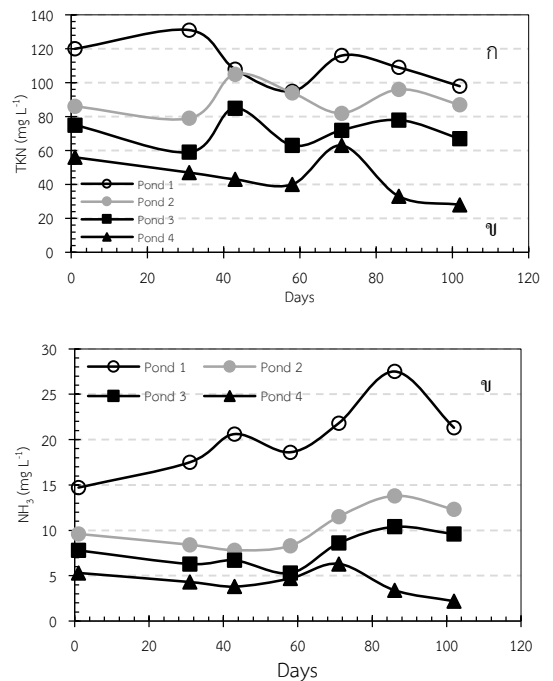
จากการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี ที่ผ่านบ่อปรับเสถียรทั้งสี่บ่อ และปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมนั้น ผ่านการบำบัดจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดี ในน้ำชะขยะสามารถลดลงได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการใช้สารอินทรีย์ในน้ำชะขยะเพื่อเป็นอาหาร และให้พลังงาน จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอดีลดลง เมื่อน้ำชะขยะเข้าสู่บ่อปรับเสถียร ที่ 4 แต่เนื่องจากน้ำชะขยะมี โครงสร้างสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน เช่น สารแขวนลอย น้ำมัน ไขมัน และสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา

จากบ่อขยะ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอไซด์ต่ำ เมื่อน้ำชะขยะเข้าสู่บ่อสุดท้าย จะมีปริมาณซีโอไซด์ที่ถูกกำจัดออกได้ถึง 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นประสิทธิภาพการปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปซีโอไซด์ 77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบบ่อฝังในงานวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัด 37.4 เปอร์เซ็นต์ [16] แสดงให้เห็นว่า ระบบบ่อปรับเสถียรที่บำบัดน้ำชะขยะในพื้นที่บ่อขยะ ไทรน้อย เป็นระบบที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำชะขยะ เป็นระบบที่อาศัยการบำบัดทางธรรมชาติ โดยค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ และการก่อสร้างระบบต่ำกว่าระบบอื่น ๆ

3.1.3 ปริมาณไนโตรเจนกำจัด

ปริมาณไนโตรเจนกำจัดนั้น มีตัวชี้วัดที่สำคัญ คือ แอมโมเนีย (NH_3) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total kjeldahl nitrogen; TKN) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนทั้งหมด ในบ่อปรับเสถียร แต่ละบ่อนั้นมีความแตกต่างกัน โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในบ่อที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 111 มิลลิกรัมต่อลิตร และในบ่อที่ 2 ถึง 4 มีค่าเฉลี่ย 90, 71 และ 44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณแอมโมเนียในบ่อที่ 1 ถึง 4 เฉลี่ย 20, 10, 8 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 ก และ ข จากผลการวิเคราะห์พบว่า ระบบบ่อปรับเสถียรที่อาศัยการบำบัดทางธรรมชาติ นั้น สามารถลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

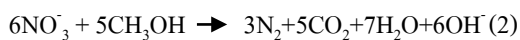
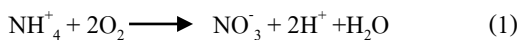
พ.ศ. 2553 กำหนดค่าไนโตรเจนทั้งหมดไว้ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร จากระบบบ่อปรับเสถียรในงานวิจัยนี้สามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนเหลือเพียง 28 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ถือเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ตามที่กรมควบคุมมลพิษปี พ.ศ. 2553 ได้กำหนดไว้ และเมื่อนำระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียร เปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำชะขยะแบบบ่อฝัง พบว่า มีสามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนเหลือ 43 มิลลิกรัมต่อลิตร [16]



รูปที่ 5 (ก) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ข) ปริมาณแอมโมเนีย

การลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนียนั้น เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ ด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ใน

ระบบบ่อปรับเสถียร จุลินทรีย์สามารถใช้ในโตรเจนในการเจริญเติบโต นำไปใช้เป็นองค์ประกอบของเซลล์ [14] และยังสามารถเพิ่มปริมาณประชากรจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนนั้นมีความสำคัญต่อการสร้าง โปรตีน ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และเอนไซม์ ซึ่งจุลินทรีย์จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จุลินทรีย์บางชนิดสามารถใช้แอมโมเนีย ในการสร้างเซลล์ และจุลินทรีย์บางชนิดสามารถใช้สารอินทรีย์ เช่น ไนเตรต [15] ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในระบบมีปริมาณลดลง [16] ไม่เพียงแต่จุลินทรีย์ในกลุ่มทั่วไปที่นำสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์ ยังมีจุลินทรีย์กลุ่ม Nitrifying และ Denitrifying Bacteria ที่สามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำชะขยะได้ โดยปฏิกิริยาที่เกิดการบำบัดสารประกอบไนโตรเจน แสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

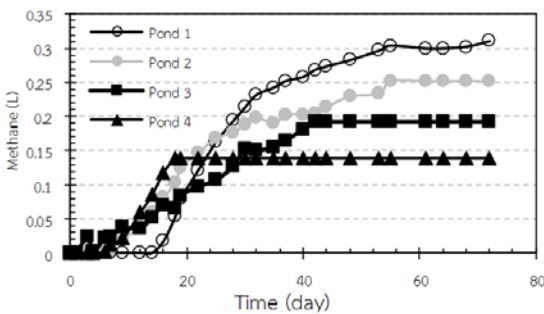


สมการที่ (1) และ (2) แสดงถึงกระบวนการ nitrification และ denitrification ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการบำบัดสารประกอบไนโตรเจน โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นภายในบ่อ โดยด้านล่างของบ่อจะเกิดปฏิกิริยา denitrification เนื่องจากด้านล่างของบ่อมีสถานะขาดออกซิเจน และด้านบนของบ่อจะเกิดปฏิกิริยา nitrification เนื่องจากมีสถานะที่มีออกซิเจน ทำให้ภายในบ่อสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ ถือได้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นอีกกลุ่มที่สามารถนำสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ได้โดยตรง [17]

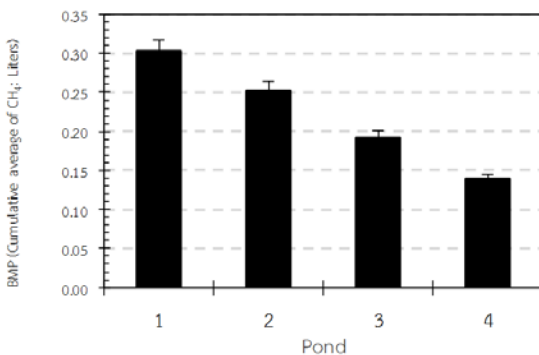
3.2 ศักยภาพการเกิดก๊าซมีเทนจากน้ำชะขยะ

ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทน และศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพนั้น มีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละบ่อ ซึ่งการเกิดก๊าซชีวภาพนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ในบ่อที่จุลินทรีย์นำไปใช้เป็นพลังงาน ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกนำไปในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต ระยะเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์สัมผัสกับอากาศ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบ [18] และในระยะเวลาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มี 4 ระยะ คือ lag phase เป็นระยะที่ไม่มีมีการเจริญ แต่มีการสะสมเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ logarithmic phase เป็นระยะที่เซลล์มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เป็นระยะที่ต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโตมากที่สุด stationary phase เป็นระยะที่สารอาหารถูกใช้ไปจนมีปริมาณลดลง มีการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์มากขึ้น อัตราการเกิดเท่ากับอัตราการตาย และสุดท้าย death phase ระยะนี้มีอัตราการตายมากกว่าการเกิด จำนวนเซลล์ลดลงอย่างรวดเร็ว [14] จากระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แสดงให้เห็นถึงปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้น โดยในช่วง 10 วันแรกถือเป็นช่วง lag phase และในช่วง 20 วันนั้นถือเป็นช่วง logarithmic phase ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตมากที่สุด ทำให้แนวโน้มของปริมาณมีเทนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายจากบ่อที่ 1 ถึง 3 แล้ว จึงทำให้จุลินทรีย์ในบ่อที่ 4 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบได้ง่ายขึ้น ในสภาวะที่ความเข้มข้นของ COD และไนโตรเจนน้อยที่สุด แต่ในบ่อที่ 1 ถึง 3 ยังมีความซับซ้อนของสารอินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ใช้เวลาในการปรับตัวนานกว่าบ่อที่ 4 จึงทำให้ในช่วงแรก มีปริมาณมีเทนน้อยกว่าบ่อที่ 4 ดังรูปที่ 6 และ 7 ปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นในแต่ละบ่อ โดยเริ่มจากบ่อที่ 1 ถึง 4 พบว่า ปริมาณมีเทนสูงสุดคือ 0.30, 0.25, 0.20 และ 0.14 ลิตร ซึ่งเมื่อนำไปเทียบเท่า

ก๊าซหุงต้ม โดยก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.46 กิโลกรัม ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ 0.60 ลิตร ทดแทนไฟฟ้าได้ 1.20 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง [19] ดังนั้น ก๊าซมีเทนจากระบบบ่อปรับเสถียร ในบ่อที่ 1 สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 1.38×10^{-4} กิโลกรัม ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ 1.8×10^{-4} ลิตร และ ทดแทนไฟฟ้าได้ 3.6×10^{-4} กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ค่าดำเนินการและค่าก่อสร้างต่ำ ดังนั้นระบบบ่อปรับเสถียร สามารถพัฒนาไปสู่การผลิตมีเทนอย่างครบวงจร และมีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 6 ปริมาณมีเทน (ลิตร) ที่ถูกปลดปล่อยจากบ่อปรับเสถียร



รูปที่ 7 ศักยภาพการเกิดมีเทน

4. สรุปผล

การศึกษาศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพจากระบบบ่อปรับเสถียร ในการบำบัดน้ำชะขยะ จากพื้นที่บ่อขยะไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี พบว่า ระบบบ่อปรับเสถียร มีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่สูงนัก เนื่องจากความซับซ้อนของสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ แต่ในด้านการผลิตมีเทน ถือได้ว่าเป็นระบบที่มีศักยภาพ เนื่องจากมีเทนในแต่ละบ่อมีปริมาณมาก ดังนั้นถือว่าระบบบ่อปรับเสถียร สามารถกำจัดซีโอดี ในโตรเจน แอมโมเนีย และยังมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนได้ในการใช้ต้นทุนการก่อสร้างและเดินระบบที่ต่ำ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department, “Municipal Waste Annual in Thailand 2559”, Bangkok, 2016.
- [2] N. Waijarean, S. Panpuech, R. Masae and V. Srikong, “The Solid Waste Management from Fresh Market and Green Residues in Prince of Songkla University, Pattani Campus”, The Journal of Industrial Technology 14(3), 2018, pp. 33-43. (in Thai)
- [3] N. Praditseree, “Fenton’s Treatment of Landfill Leachate”, Master Thesis, Technology and Environmental Management, Prince of Songkla University, Thailand. 2013.
- [4] N. Naimolee, “Surface and Subsurface Water Contamination by Leachate from Disposal Site at Tambon Khlong Kwang, Amphoe Sainoi, Changwat Nonthaburi”, Master Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand. 2002.

- [5] D. Yu, "Landfill Leachate Treatment Case Study, SRV Atervinning, Sweden", Master Thesis, Industrial Ecology, Royal Institute of Technology, Stockholm. 2007.
- [6] Pollution Control Department, "*Wastewater Management Guidelines* (2nd Eds.)", Bangkok, 2006.
- [7] R.J. Kelly, "Solid Waste Biodegradation Enhancements and the Evaluation of Analytical Methods Used to Predict Waste Stability", Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.
- [8] R.D. Vaidya, "Solid Waste Degradation, Compaction and Water Holding Capacity", Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.
- [9] V. Sawasdee and N. Pisutpaisal, "Economic Feasible Evaluation of Biogas Production from Napier Grass", *Research Journal of Biotechnology* 10, 2015, pp. 94-98.
- [10] S. Kanchanasuta, U. Sitisukpoka and N. Pisutpaisal, "Comparative Performance between Heat-shocked Anaerobic Sludge and *Clostridium butyricum* TISTR 1032 Inocular in Biohydrogen Production from Food Waste", *Research Journal of Biotechnology* 9(4), 2014, pp. 7-14.
- [11] American Public Health Association-American Water Works Association-Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WPCF), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th Eds). APHA", Washington DC. 2000.
- [12] E. Athanasoulia, P. Melidis, A. Aivasidis, "Co-digestion of sewage sludge and crude glycerol from biodiesel production", *Renewable Energy* 62, 2014, pp. 73-78.
- [13] G.S. Kumar, J. Bharadwaj, P.L. Sruthi and M.C. Sekhar, "Removal of Ammonia Nitrogen (NH₄-N) from Landfill Leachate by Chemical Treatment", *Indian Journal of Science Technology* 9(30), 2016, DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i30/99174.
- [14] S. Vatanyoopaisarn, "Introduction Microbiology Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok", 2009, pp. 78-102. (in Thai)
- [15] V. Sawasdee, "Electricity Generation and Pollution Treatment from Nitrogen-Rich Industrial Wastewater in Air-Cathode Single Chamber Microbial Fuel Cell", Doctoral Thesis, The Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2016.
- [16] O. Chueawong, P. Prabhuddham and O. Phewnil, "Efficiency of Lagoon Treatment for leachate from Ban Laem Municipal Landfill Site, Ban Laem District, Phetchaburi Province", *Proceedings of 52nd Kasetsart University Annual Conference: Science, Natural Resources and Environment*. (in Thai)

- [17] V. Sawasdee and N. Pisutpaisal, “Simultaneous pollution treatment and electricity generation of tannery wastewater in air-cathode single chamber MFC”, *International Journal of Hydrogen Energy* 41, 2016, pp. 15632-15637.
- [18] S. Sirianunpaibun, “*Wastewater Treatment System*”, Top Publishing Co., Ltd, 2014.
- [19] N. Sawasdee, “Feasibility Study for Biogas Production from Napier Grass”, Master Thesis, School of Renewable Energy, Naresuan University, Thailand. 2013.